

Helsinki 15.12.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Outokumpu Oyj
Espoo

Patenttihakemus nro
Patent application no

20031733

Tekemispäivä
Filing date

27.11.2003

Kansainvälinen luokka
International class

G05B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä kuparielektrolyysin tilaindeksin määrittämiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kaupp- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A
P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

BEST AVAILABLE COPY

MENETELMÄ KUPARIELEKTROLYYSIN TILAINDEKSIIN MÄÄRITTÄMISEKSI

Tämä keksintö liittyy menetelmään ja laitteistoon elektrolyysiprosessin
5 ohjaamiseksi. Täsmällisemmin keksintö kohdistuu elektrolyysialtaan, -prosessin
ja -laitoksen reaaliaikaisen tilan määrittämiseen prosessin ohjauspäätösten
tueksi.

Metallien elektrolyytisessä käsittelyssä haluttu metalli saostetaan elektrodin,
10 katodin pinnalle. Käsittely suoritetaan sähkövirran avulla elektrolyysialtaassa,
jossa olevaan nesteeseen, elektrolyyttiin, on upotettu vuorotellen joukko sähköä
johtavasta materiaalista valmistettuja levymäisiä anodeja ja levymäisiä
katodeja. Haluttu metalli saadaan saostumaan katodille joko niin, että
elektrolyytisessä käsittelyssä käytetään liukenevaa, samasta saostettavasta
15 metallista olevaa anodia tai käytetään liukenematonta anodia. Liukenevaa
anodia käytetään esimerkiksi kuparin raffinointielektrolyysissä (electrorefining)
ja liukenematonta anodia esimerkiksi nikkelin tai sinkin
talteenottoelektrolyysissä (electrowinning).

20 Kuparin elektrolyytisessä puhdistuksessa epäpuhtas ns. anodikupari
liuotetaan sähkövirran avulla ja liuotettu kupari pelkistetään katodilevylle hyvin
puhtaana ns. katodikuparina. Elektrolyytinä toimii rikkihappopohjainen
kuparisulfaattiliuos. Katodilevynä toimii prosessin alussa kuparinen siemenlevy
tai ns. kestokatodi, joka voi olla valmistettu haponkestävästä teräksestä tai
25 titaanista. Virtalähteenä elektrolyysissä on yksi tai useampia tasasuuntaajia.
Elektrolyysissä käytetään yleisesti virrantiheyksiä $250 - 340 \text{ A/m}^2$ ja virta on
tasavirtaa (DC) tai ns. käänteisvirtaa (PRC). Elektrolyysi tapahtuu erillisissä
elektrolyysialtaissa, joissa anodi-katodiparien määrä vaihtelee laitoksittain
tyypillisesti 30 - 80 parin välillä. Elektrolyysialtaita laitoksissa on eri määriä.
30 Anodeja liuotetaan tyypillisesti 14 - 21 vrk katodijakson ollessa 7 - 10 vrk.

Elektrolyysiprosessista kerätään informaatiota fysikaalisten ja kemiallisten mittausten avulla. Tavanomaisia mittausparametreja ovat elektrolyytin lämpötila, koostumus, sähkövirran suuruus ja allasjännite. Saatavan informaation perusteella tehdään johtopäätöksiä prosessin tilasta ja tarvittaessa
 5 tehdään ohjaustoimenpiteitä prosessin tilan kehittymisen korjaamiseksi oikeaan suuntaan.

Elektrolyysiprosessin tilasta ja toiminnasta on kuitenkin vaikea saada hyvää, luotettavaa ja toistettavaa informaatiota reaaliajassa. Allasjännitteen
 10 mittaaminen tarjoaa parhaan mahdollisuuden seurata elektrolyysiprosessin tilaa ja siinä kehittyviä häiriötiloja suhteellisen lyhyellä vasteajalla. Allasjännitteessä tapahtuvat muutokset indikoivat useita prosessin häiriötiloja, kuten elektrodien välisiä oikosulkuja, anodin passivoitumista, elektrolyytin virtausongelmia altaisiin ja lisäainesyöttöön liittyviä häiriöitä. Esimerkiksi elektrodien väliin
 15 kehittyvät oikosulut ovat usein ensimmäinen havaittava indikaatio prosessin tilan heikentymisestä varsinkin, jos oikosulkujen ilmaantumismäärä kasvaa nopeasti. Oikosulkujen kehittyminen anodin ja katodin välille on havaittavissa allasjännitetason laskuna. Tällaisessa tilanteessa prosessin olosuhteet eivät vastaa hyvän kuparinkasvun edellyttämää tilaa ja prosessi vaatii korjaavia
 20 ohjaustoimenpiteitä.

Allasjännitteiden raakamittaustulosten hyödyntämiseen sellaisenaan liittyy kuitenkin ongelmia. Viimeisin mitattu arvo ei ole käyttökelpoinen sellaisenaan, vaan allasjännitteen trendi eli käyttäytyminen ajansuhteen sekä
 25 mittausparametrien suhteen ovat olennaisempia tietoja. Niinpä altaan tilan tulkinta allasjännitteen mittaustulosten avulla perustuu prosessikokemuksen tuomien sääntöjen soveltamiseen. Tyypillisesti elektrolyysilaitoksessa syntyy kerralla 400 – 1000 jännitemittausta, sillä mittausten määrä on sama kuin laitoksen allasmäärä, jos jokaisesta altaasta mitataan allasjännite. Niinpä
 30 trendi- ja mittaushetken jännitteen seuranta manuaalisesti on mahdotonta. Lisäksi allasjännitteen absoluuttisten arvojen perusteella ei voida vertailla eri

altaiden käyttäytymistä keskenään, sillä altaan jännitetaso riippuu prosessiolosuhteista ja -parametreista, jotka vaihtelevat altaittain.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on poistaa elektrolyysiprosessin tilan
 5 arviointiin liittyviä ongelmia ja saada aikaan uudenlainen ratkaisu elektrolyysiprosessin ja -laitoksen ohjaamiseksi, jossa hyödynnetään prosessista kerätyn historiadatan ja kokemusperäisen tiedon pohjalta luotuja matemaattisia ja heuristisia malleja ja määritetään mallien avulla indeksejä perustuen reaaliaikaisiin prosessin mittausparametreihin. Saavutettujen
 10 reaaliaikaisten indeksien perusteella saadaan aikaan oikea-aikainen ja oikein kohdennettu prosessinohjauspäätös.

Keksinnölle on tunnusomaista se, mitä itsenäisten patenttivaatimusten tunnusmerkkiosissa on esitetty. Keksinnön eräille muille sovellusmuodoille on
 15 tunnusomaista se, mitä muissa patenttivaatimuksissa on esitetty.

Keksinnön mukaisella menetelmällä saavutetaan huomattavia etuja. Menetelmän avulla saadaan reaaliajassa edustava kuva elektrolyysiprosessin tilasta saavutettujen indeksien muodossa. Indeksit sisältävät jalostettua ja
 20 yhdistettyä tietoa useasta prosessiparametrasta ja niiden ajallisesta käyttäytymisestä. Tällöin tarkasteltavien parametrien määrä pienenee informaatiota menettämättä, kun elektrolyysin tila halutaan määrittää. Prosessin tilaan voidaan tehdä nopeasti ja oikein kohdennetusti korjaavia ohjaustoimenpiteitä menetelmän tarjoaman tiedon avulla, jolloin tuotantoa
 25 haittaavilta häiriötilanteilta vältetään entistä tehokkaammin. Keksinnön avulla on mahdollista verrata altaiden tiloja tasavertaisesti keskenään, sillä kullekin altaalle määritellään teoreettinen jännite mittausparametrien avulla, jota vasten todellisia jännitteen mittausarvoja verrataan. Keksinnön mukaisesti muodostetuilla indeksitiedoilla pystytään altaiden kunnosta välittämään tietoa
 30 operaattoreille ja muulle käyttökäyttökunnalle selkeästi ja tehokkaasti. Lisäksi koko prosessin toiminnan seuraaminen ja ohjauksen perusta muuttuu systemaattiseksi.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä tulkitaan elektrolyysilaitoksen prosessin tiloja fysikaalisten ja kemiallisten mittausten perusteella ja muutetaan elektrolyysiprosessin ohjausparametreja häiriötilanteiden ehkäisemiseksi tai poistamiseksi. Menetelmä perustuu siihen, että prosessista pitkällä aikavälillä kerätyn prosessi- ja ohjausdatan avulla muodostetaan tietokoneella toteutettavia matemaattisia malleja ja päättelyalgoritmeja reaaliaikaisen prosessista kerättävän mittausdatan trendin tulkintaa varten, joka trendi tallennetaan tietokoneen muistiin. Edelleen keksintö perustuu niihin yksinkertaisiin tapahtumiin, että toistuvasti ja säännöllisesti prosessin aikana tehtyjen mittausten ja kokeellisen mallin perusteella määritellään kunkin altaan teoreettinen allasjännite sekä mitataan kunkin altaan todellinen allasjännite tunnetulla ajanhetkellä, lasketaan teoreettisen ja todellisen jännitteen erotus ja talletetaan erotuksen arvo ja mainittu tunnettu ajanhetki tietokoneen mittauspuskuriin erotuksen trendin muodostamiseksi. Erotuksen trendiä tulkitaan aiemmin muodostetun ja tietokoneen muistiin tallennetun matemaattisen mallin avulla. Erotuksen tuloksesta muodostetaan altaan hetkellistä, reaaliaikaista, tilaa kuvaava tilaindeksi sumean ja loogisen päättelyalgoritmin avulla (Päättely 1). Tilaindeksin lisäksi muodostetaan altaan pidemmän ajanjakson tilan kehittymistä kuvaava kuntoindeksi. Kuntoindeksi muodostetaan sumean päättelyalgoritmin avulla käyttäen hyväksi tilaindeksiä sekä mittausparametreja (Päättely 2). Yhden tai useamman indeksien ylittäessä tai alittaessa ennalta määritellyn ohjearvon ohjataan prosessia muuttamalla valikoituja prosessin ohjausparametreja. Ohjauspäätösten kohteena on tyypillisesti oikosulkutyön ohjaaminen, allaspeitteiden käyttö, virtakiskojen huolto, sähkövirransyötön ohjaus allasryhmille, allaskohtaisen liuossyötön oikeellisuus, lisäaineistuksen säätely ja elektrolyytin läpivirtaus altaissa.

Muodostettavat indeksit voivat olla yksittäisen altaan hetkellistä tilaa kuvaava tila- tai pidemmän ajanjakson tilaa kuvaava kuntoindeksi. Indeksit voidaan esittää esimerkiksi liukuvana lukuna nollan ja yhden välillä, jolloin indeksin arvot yksi ja nolla osoittavat prosessin tilaa hyvä ja huono vastaavasti. Indeksit

voidaan muodostaa yksittäisille altaille tai joukolle altaita, riippuen allasjännitemittausten fyysisestä asennuksesta prosessissa. Keksinnön erään sovellusmuodon mukaan allaskohtainen indeksi on kohdistuu yhden tai useamman elektrolyysialtaan kokonaisuuteen, jolle allasjännitemittaus on

5 suoritettu.

Indekseistä voidaan edelleen muodostaa erilaisia informatiivisempia diskreettejä tietoja kuten altaan tilaluokka ja tapahtumatiedot. Sumeassa päättelyssä hyödynnetään kokemusperäistä tietoa, jota saadaan mm. laitoksen

10 operaattoreiden prosessin käytännön tuntemuksesta. Indeksien, etenkin kuntoindeksin määrittämisessä on edullista ottaa huomioon katodin ikä.

Yksittäisten altaiden tietoja voidaan laskennallisesti yhdistää allasryhmiä kuvaaviksi tiedoiksi ja tästä edelleen koko liuoskierron tiedoiksi. Näin

15 mahdollistetaan koko elektrolyysilaitoksen tilan tarkkailu eri tasoilla hierarkkisesti prosessin rakenteen ja prosessikokonaisuuksien mukaisesti.

Kuvio 1 esittää kaaviomuodossa menetelmää allaskohtaisen tilaindeksin sekä kuntoindeksin laskemiseksi.

20

Kuviot 2 ja 3 esittävät graafisia esityksiä keksinnön mukaisesti muodostetuista reaaliaikaisista tiedoista elektrolyysin tilan havainnoimiseksi ja prosessin ohjauspäätöksien tueksi.

25 Kuvion 1 mukaisessa keksinnön sovellusmuodossa allasjännitteen mittausten tulokset **11** tallennetaan tietokoneen muistiin. Prosessin reaaliaikaiset mittaus- ja prosessiparametrit **12**, kuten elektrolyytin lämpötila, elektrolyytin koostumus ja sähkövirran suuruus, tallennetaan tietokoneen muistiin ja niiden perusteella lasketaan altaan teoreettinen allasjännite **13**. Allas- ja teoreettisen jännitteen

30 erotuksen trendi muodostetaan ja trendin ajanmukainen käyttäytyminen tulkitaan laskennallisesti **14** tietokoneen ohjelman ja sen muistiin tallennetun matemaattisen mallin avulla. Matemaattinen malli muodostetaan prosessista

pitkällä aikavälillä kerätyn prosessi- ja ohjausdatan avulla. Jännitteen erotuksen trendin tulkinnan tulosten perusteella tietokoneen muistiin tallennetun sumean ja loogisen päättelyalgoritmin **15** avulla muodostetaan altaan hetkellistä tilaa kuvaava tilaindeksi **16**. Tilaindeksi saa arvon $[0..1]$. Päättelyssä **15** sovellettava

5 sumea malli sisältää kokemusperäistä prosessitietämystä elektrolyysiprosessin käyttäytymisestä. Prosessitietämystä voidaan kerätä esimerkiksi prosessi- ja ohjausdatasta. Keräysajanjakso on edullisesti yli puoli vuotta. Prosessi- ja ohjausdata voi käsittää allasjännitteitä, elektrolyytin lämpötiloja, sähkövirran syöttötietoja, elektrolyytin virtaustietoja ja lisäainesyöttötietoja.

10

Tilaindeksiä **16** voidaan käyttää altaiden tilojen havainnointiin ja prosessin ohjauspäätöksiin sellaisenaan, mutta keksinnön erään edullisen sovellusmuodon mukaisesti sitä hyödynnetään edelleen muodostettaessa käyttäjälle informatiivisempia ja diskreettejä tilaluokka- ja tapahtumatietoja **20**,

15 **21** sekä pidemmän ajan kuntoindeksiä **22** erilliseen sumeaan päättelyalgoritmiin perustuen allaskohtaisesti. Tilaluokka- ja tapahtumatiedot muodostetaan loogisen päättelyn **17** avulla tilaindeksin **16** ja mittausero- ja tapahtumamittausparametrien **12** arvoista. Pidemmän ajanjakson kuntoindeksin muodostaminen perustuu sumeaan päättelyyn ja siinä hyödynnetään

20 tilaindeksin ja prosessitietämyksen lisäksi altaassa olevien katodien kasvuaikaa eli ikää kullakin tarkasteltavana ajanhetkenä.

Kuviossa 2 esitetään kuvaaja tallennetuista allasjännitteen mittauseroista eri ajanhetkinä sekä keksinnön mukaisesti muodostetun kuntoindeksin arvoja

25 vastaavilla ajanhetkillä. Kuntoindeksin avulla seurataan altaiden kunnon kehittymistä pidemmällä aikavälillä, kuvassa noin neljän vuorokauden aikana. Kuntoindeksin lähestyminen nolaa osoittaa operaattorille lähestyvän tarpeen prosessin ohjaustoimenpiteiden aloittamiseksi. Tietokoneeseen on järjestetty välineet allasjännitteen ja lasketun kuntoindeksin esittämiseksi graafisesti ajan

30 funktiona tietokoneen näytöllä tai muulla tulosteella kuvion 2 mukaisesti. Graafinen esitys on järjestetty päivittymään muutamien minuuttien välein, jolloin

elektrolyysilaitoksen henkilökunta kykenee seuraamaan prosessin tilan muutoksia reaaliajassa.

Kuvio 3 on kuvaaja eräistä keksinnön mukaan muodostetuista tiedoista. Altaan
 5 tilaluokkatieto on diskreetti indeksi, joka kuvion esimerkissä voi saada arvot 0, 1, 2 tai 3. Tilaluokkatieto on käyttäjälle helpommin ymmärrettävä tieto verrattuna tilaindeksiin ja osoittaa selkeästi onko allas normaalitilassa, vai vaatiiko se korjaavia toimenpiteitä. Kuviossa 3 on esimerkki tapahtumatiedosta, joka on oikosulkujen poisto. Tapahtumatieto ilmoittaa käyttäjille tapahtuneesta
 10 oikosulkujen poistotyöstä. Oikosulkujen poisto on tapahtumatieto, joka perustuu myös tilaindeksitietoon ja ilmoittaa tapahtuneesta oikosulkujen poistotyöstä.

Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan ohjata lähes mitä tahansa metallien jalostukseen liittyvää elektrolyysiprosessia, edullisesti kuparin, nikkelin
 15 ja sinkin elektrolyysiprosesseja.

Esimerkki

Outokumpu Harjavalta Metals Oy:n Porin kuparielektrolyysiprosessin erään
 20 allasryhmän, jossa on 30 elektrolyysiallasta, ohjaukseen ja seurantaan käytettiin keksinnön mukaista menetelmää. Menetelmän mukaisesti ryhmän altaista muodostettiin reaaliaikaisesti tila- ja kuntoindeksit sekä tilaluokkatieto allasjännitteisiin ja prosessimittauksiin perustuen.

25 Mittauksissa käytettiin standardeja prosessimittausmenetelmiä jännitteelle, lämpötilalle, sähkövirralle ja pitoisuuksille. Mittaukset oli kytketty laitoksen automaatiojärjestelmään, josta ne siirrettiin tehtaan tietoverkkoa pitkin erilliselle PC -tietokoneelle tila-, tilaluokka- ja kuntoindeksien muodostamista varten. Indeksien muodostaminen toteutettiin reaaliaikalaskentaan soveltuvilla
 30 ohjelmistoilla ja tulokset tallentuivat tietokantaan sekä automaatiojärjestelmään.

Allas- ja teoreettisen jännitteen erotuksen trendin tulkintaan käytetty malli muodostettiin ennen menetelmän käyttöönottoa pidemmän ajanjakson historiadataan, eli kerätyn ja tallennetun prosessi- ja ohjausdatan avulla. Historiadata käsitti ryhmän allasjännitteet, elektrolyytin lämpötilan, sähkövirran syötön, elektrolyytin virtauksen, lisäainesyötön, elektrolyyttianalyysin vuoden ajanjaksolta kymmenen minuutin keskiarvoina. Teoreettinen allasjännitteen laskentaan käytettiin erillisissä laboratoriokokeissa muodostettua monimuuttujaregressiomallia, jossa tulomuuttujina olivat historiadataan muuttujat lukuun ottamatta allasjännitettä, joka oli vastemuuttujana. Erosuureen trendin tulkintaa varten muodostettiin pääkomponenttianalyysi -malli (Principal Component Analysis) teoreettisesta ja allasjännitedatasta.

Allaskohtainen tilaindeksi [0..1] muodostettiin noin kymmenen minuutin välein viimeisimmistä prosessimittauksista sumean mallin avulla. Mallin syötteenä on pääkomponenttianalyysin merkitsevimmät pääkomponentit, joiden käyttäytyminen altaiden tilan mukaan on sisällytetty sumean mallin sääntökantaan. Sumea malli oli Mamdani tyyppinen. Säännöt muodostuivat käytännön prosessitietämyksen perusteella.

Menetelmän mukaisesti muodostettuun tilaindeksiin ja prosessimittauksiin perustuen muodostettiin loogisen päättelyn ja yhdistelyn avulla jokaiselle altaalle tilaluokkatieto, jossa altaan tilaluokitus voi olla OK, varoittava, hälyttävä tai kriittinen.

Menetelmän mukainen kuntoindeksi muodostettiin jokaiselle altaalle hetkellisestä tilaindeksin arvosta, vanhoista kuntoindeksien arvoista sekä katodin lästä sumean mallin avulla. Sumean, Mamdani tyyppiseen, sääntökantaan oli sisällytetty käytännön prosessitietämystä niin, että kuntoindeksi vastaa todellista prosessin tilaa vastaavilla, edellä luetelluilla, syötemuuttujien arvoilla.

Altaiden kuntoindeksitietoa hyödynnettiin käytännössä muodostamalla ryhmän altaiden kuntoindeksien keskiarvosta koko ryhmän kuntoa kuvaava indeksi [0..1]. Tämän indeksin pidempiaikaisella vaihtelulla pystyttiin havaitsemaan alkavat prosessihäiriöt aikaisessa vaiheessa indeksin heiketessä tarpeeksi.

- 5 Lisäksi indeksiä käytettiin muiden ohjauspäätösten tukitietona, kuten sähkövirran nosto- ja laskupäätöksien yhteydessä.

Kun muutkin allasryhmät liitetään menetelmän mukaisen seurannan yhteyteen, voidaan eri allasryhmien kuntoa ja toimivuutta verrata tasavertaisesti ja systemaattisesti keskenään. Huonosti toimivat ryhmät, ja sitä kautta altaat, voidaan erottaa prosessista helposti ja ohjaustoimenpiteet keskittää näihin. Lisäksi, jos esimerkiksi havaitaan, että kaikki ryhmät toimivat hyvin, voidaan harkita sähkövirran nostoa, joka suurentaa laitoksen kapasiteettia vastaavasti.

- 15 Tila-, tilaluokka ja kuntoindeksitietoja esitetään www-palvelimen kautta, joka sijaitsee indeksien muodostamiseen käytetyllä tietokoneella. Tiedot esitetään mahdollisimman yksinkertaisesti ja havainnollisesti allasmiehille, jotka voivat tunnistaa ongelmalliset ryhmän altaat miltä tahansa tehtaan tietoverkkoon kytketyltä PC -tietokoneelta standardin www-selaimen avulla. Esimerkiksi
- 20 oikosulun poistotyö näin tehostuu, kun voidaan keskittyä tunnistettuihin ongelma-altaisiin ja jättää hyvin toimivat altaat häiritsemättä turhilla tarkastuskierroksilla.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä elektrolyysilaitoksen elektrolyysiprosessin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä tulkitaan prosessin tiloja fysikaalisten ja kemiallisten mittausten perusteella ja muutetaan elektrolyysiprosessin ohjausparametreja häiriötilanteiden ehkäisemiseksi tai poistamiseksi, **tunnettu** siitä, että
- prosessista pitkällä aikavälillä kerätystä prosessi- ja ohjausdatasta muodostetaan matemaattisia malleja ja päättelyalgoritmeja, jotka tallennetaan tietokoneen muistiin,
- toistuvasti ja säännöllisesti prosessin aikana lasketaan muodostettujen mallien ja päättelyalgoritmien sekä reaaliaikaisen prosessimittausdatan avulla prosessin tilaa kuvaava yksi tai useampi indeksi, jolloin
- määritellään tunnetun ajanhetken teoreettinen allasjännite prosessimittausten ja kokeellisen mallin avulla,
 - mitataan mainitulla ajanhetkellä todellinen allasjännite,
 - lasketaan teoreettisen ja todellisen jännitteen erotus ja talletetaan erotuksen arvo ja mainittu ajanhetki tietokoneen muistiin ja muodostetaan erotuksen trendi,
 - tulkitaan jännitteiden erotuksen trendi matemaattisen mallin avulla,
 - erotuksen trendin tulkinnasta muodostetaan allaskohtaisesti prosessin hetkellistä tilaa kuvaava tilaindeksi sumean ja loogisen päättelyalgoritmin avulla,
 - muodostetaan altaan pidemmän ajanjakson tilan kehittymistä kuvaava kuntoindeksi lasketun tilaindeksin, mittausparametrien ja sumean päättelyalgoritmin avulla ja laskettujen yhden tai useamman indeksin poiketessa ennalta määritellyistä arvoista muutetaan prosessin ohjausparametreja prosessin ohjaamiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostettu indeksi on allaskohtainen prosessin hetkellistä tilaa kuvaava tilaindeksi, joka on muodostettu sumean ja loogisen päättelyalgoritmin avulla.
- 5
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että allaskohtainen indeksi on kohdistuu yhden tai useamman elektrolyysialtaan kokonaisuuteen, jolle allasjännitemittaus on suoritettu.
- 10
4. Patenttivaatimusten 1 ja 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostetusta tilaindeksistä ja prosessin mittausparametreista muodostetaan sumean päättelyalgoritmin avulla prosessin pidemmän ajanjakson tilan kehittymistä kuvaava kuntoindeksi.
- 15
5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tilaindeksi saa arvon välillä 0 ja 1.
- 20
6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että indeksi on altaan kuntoindeksi, jolloin indeksin laskennassa otetaan huomioon katodin ikä.
- 25
7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että indeksi on diskreetti tila- tai tapahtumatieto, jolloin indeksin laskennassa lasketaan ensin allaskohtainen prosessin hetkellistä tilaa kuvaava tilaindeksi, joka on muodostettu sumean ja loogisen päättelyalgoritmin avulla ja tilaindeksi ja reaaliaikaisia prosessimittausten avulla muodostetaan mainittu tila- tai tapahtumatieto.
- 30
8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että prosessi- ja ohjausdata käsittää allasjännitteen, elektrolyytin lämpötilan, sähkövirran syötön, elektrolyytin virtauksen ja lisäainesyötön.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että erotuksen trendiä tulkinnassa käytettävää mallia muodostettaessa tarvittava prosessi- ja ohjausdata kerätään vähintään puolen vuoden ajalta kymmenen minuutin keskiarvona.
- 5
10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että teoreettisen allasjännitteen laskennassa käytetään erillisissä laboratorionkokeissa muodostettua monimuuttuja regressiomallia.
- 10
11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että regressiomallin tulomuuttujia ovat prosessi- ja ohjausdatan arvot lukuun ottamatta allasjännitettä.
- 15
12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että allasjännitteen erotuksen trendin tulkinta tehdään teoreettisesta ja allasjännitiedatasta muodostetun pääkomponenttianalyysi –mallin avulla.
- 20
13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että prosessin hetkellistä tilaa kuvaavan tilaindeksin laskennassa käytettävä sumea malli on Mamdani –tyyppinen malli.
- 25
14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että prosessin hetkellistä tilaa kuvaavan tilaindeksin laskennassa käytettävän sumean mallin syötteenä on pääkomponenttianalyysin merkitsevimmät pääkomponentit.
- 30
15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että Mamdani –tyyppiseen sääntökantaan on sisällytetty prosessitietämystä niin, että kuntoindeksi vastaa todellista prosessin tilaa vastaavilla syötemuuttujan arvoilla.

- 5 16. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmän indeksien ja tietojen perusteella ohjataan elektrolyysilaitoksen elektrolyysiprosessin oikosulkutyötä, allaspeitteiden käyttöä, virtakiskojen huoltoa, sähkövirransyötön ohjausta allasryhmille, allaskohtaisen liuosyötön oikeellisuutta, lisäaineistuksen säätelyä ja elektrolyytin läpivirtausta altaissa.
- 10 17. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että indeksien laskemiseksi käytettävät mallit tai päättelyalgoritmit ovat reaaliaikalaskentaohjelmistoja.
- 15 18. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että lasketut indeksit tallennetaan tietokantaan.
19. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että lasketut indeksit tallennetaan automaatiojärjestelmään.
- 20 20. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että tila-, tilaluokka- ja kuntoindeksitietoja esitetään www-palvelimen kautta, joka sijaitsee indeksien muodostamiseen käytetyllä tietokoneella.
- 25 21. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmällä ohjataan kupari-, nikkeli- ja sinkki-elektrolyysiprosesseja.

Tiivistelmä (57):

- 5 Keksintö on menetelmä elektrolyysiprosessin ja -
laitoksen ohjaamiseksi, jossa hyödynnetään
prosessista kerätyn historiadatan ja kokemusperäisen
tiedon pohjalta luotuja matemaattisia ja heuristisia
malleja ja määritetään mallien avulla indeksejä
10 perustuen reaaliaikaisiin prosessin mittaus-
parametreihin. Menetelmässä hyödynnetään
reaaliaikaisia allasjännitemittauksia. Saavutettujen
reaaliaikaisten indeksien perusteella saadaan aikaan
oikea-aikainen ja oikein kohdennettu prosessin-
15 ohjaustoimenpide.

20

25

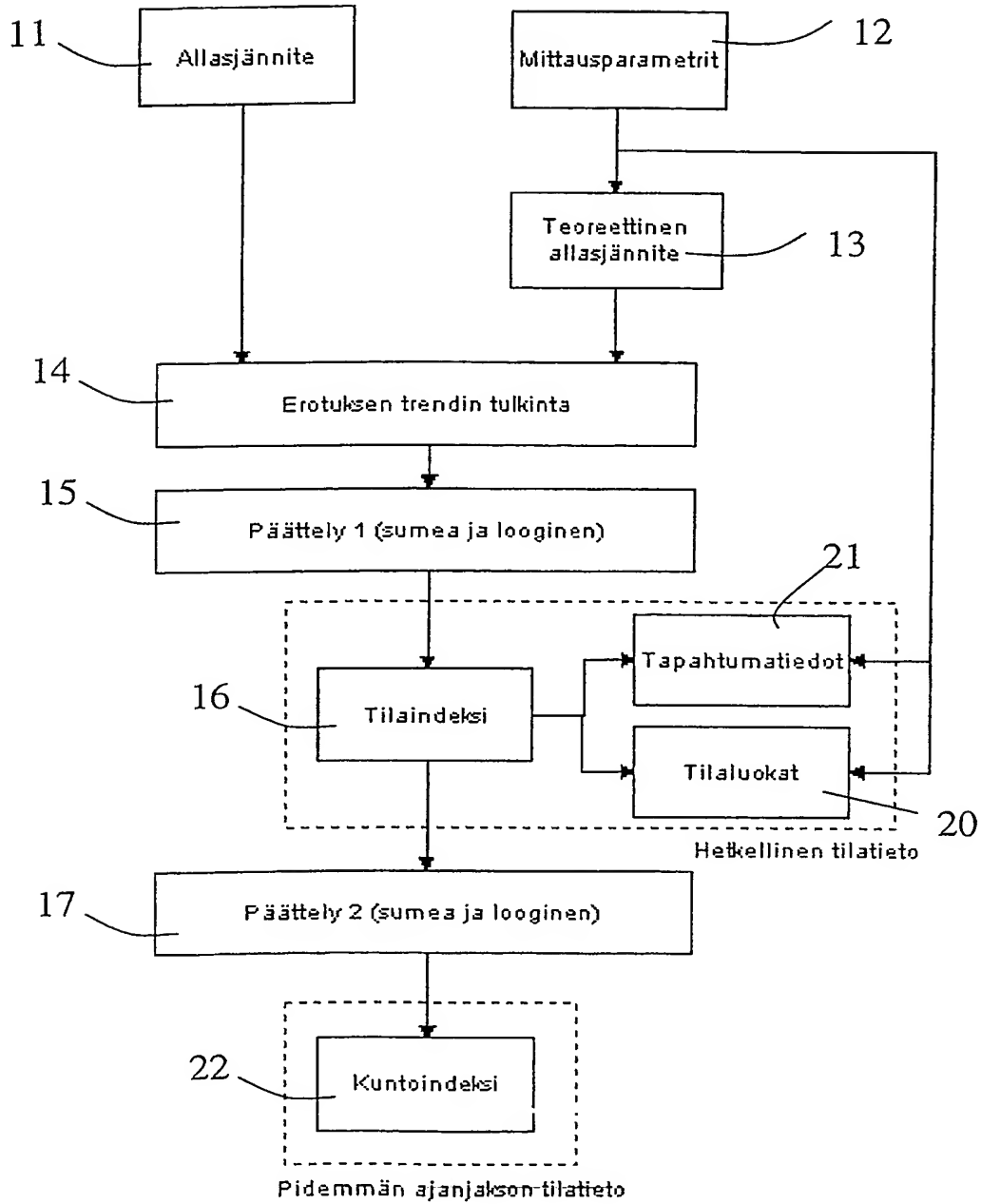


Fig.1

L6

2

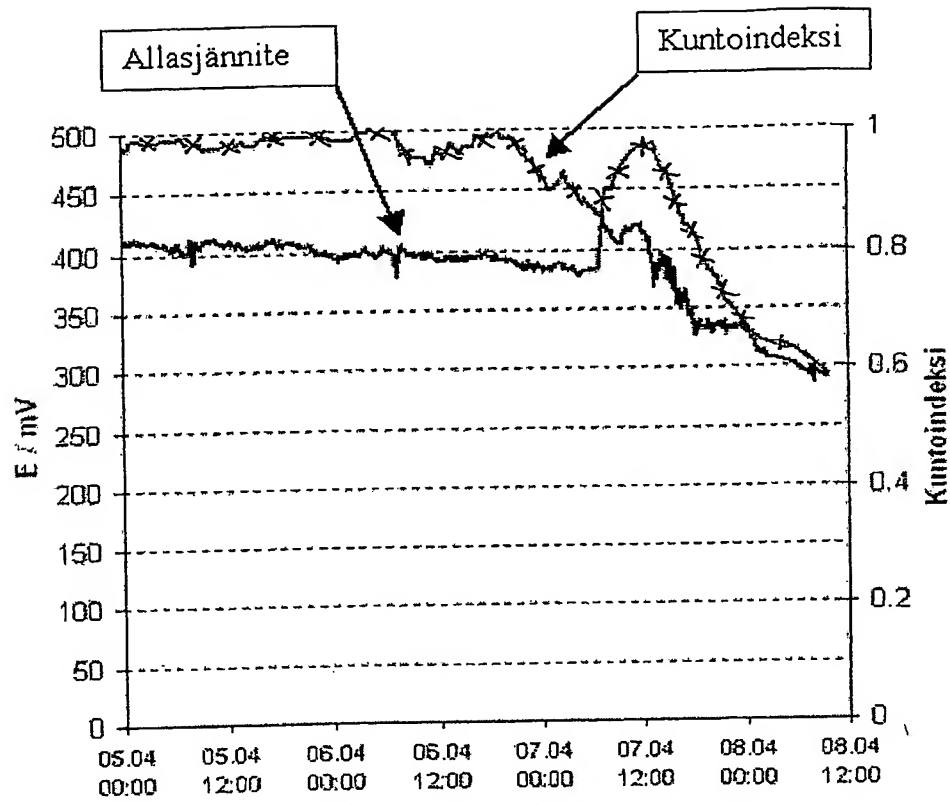


Fig. 2

L 6

3

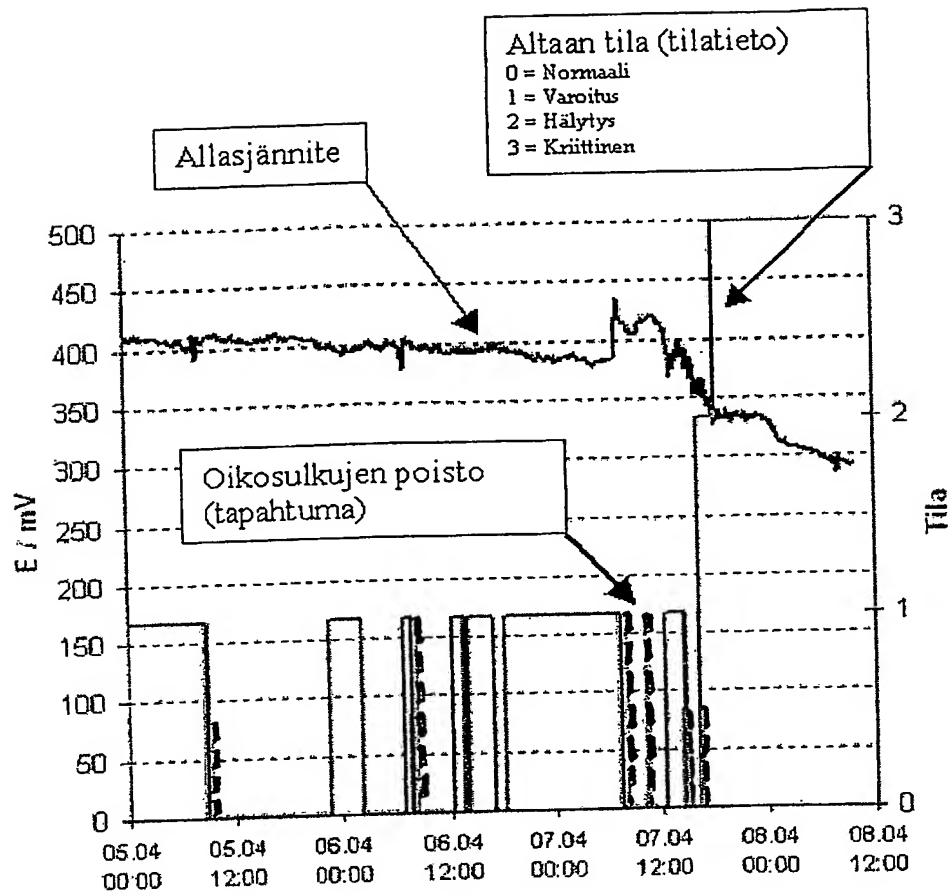


Fig. 3

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI04/000718

International filing date: 26 November 2004 (26.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI
Number: 20031733
Filing date: 27 November 2003 (27.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 January 2005 (04.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse